

НАУЧНЫЕ  
КОНФЕРЕНЦИИ

**Биоакустические исследования, представленные на XXXIV сессии  
Российского акустического общества, Москва, 14–18 февраля 2022 года**

© 2022 г. Н. Г. Бибииков

DOI: 10.31857/S0235009222020081

Сессии Российского Акустического общества, основанного такими выдающимися учёными как академики Н. Н. Андреев и Л. М. Бреховских, имеют весьма долгую и плодотворную историю. Практически на всех этих форумах существовала секция биоакустики. В феврале 2022 г. в Москве на базе АО Акустический институт им. акад. Н. Н. Андреева состоялась 34 такая сессия. В связи с эпидемиологической обстановкой конференция проводилась в режиме удалённого доступа, что не помешало оживлённой дискуссии.

Обсуждение представленных на конференции исследований проходило в рамках следующих секций: НА – нелинейная акустика; АР – акустика речи, акустические проблемы лингвистики; ГЕО – геоакустика; АА – атмосферная акустика; АО – акустика океана; АСА – архитектурная и строительная акустика; УТ – ультразвуковые технологии; АЭР – аэроакустика; ОА – оптоакустика и акустооптика; БИО – биоакустика и медицинские приложения акустических методов; РДВ – распространение и дифракция волн; АЭ – акустоэлектроника; АИ – акустические измерения и стандартизация; ФА – физическая акустика; ШВ – шумы и вибрации; АММ – акустические метаматериалы.

Секция биоакустики фактически была разделена на две принципиально различные подсекции. Больше половины работ касались использования ультразвуковых технологий в диагностике и лечении разнообразных болезней. Собственно биоакустике были посвящены всего семь докладов, содержание которых и будет кратко изложено далее. К сожалению, эти доклады были представлены только из двух столичных городов.

М. П. Ивановым (Санкт-Петербургский государственный университет и ФГУП Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем, Санкт-Петербург) с соавторами был представлен доклад “Пакеты сигналов дельфина *Tursiops truncatus* при решении задачи обнаружения на дистанциях более 500 метров”. Соавторами докладчика были Ю. А. Тольмачев (Санкт-Петербургский государственный университет), Н. Г. Бибииков (АО Акустический институт им. Н. Н. Андреева, Москва), Е. В. Мухачев и Н. А. Данилов (ФГУП Государственный научно-

исследовательский институт прикладных проблем, Санкт-Петербург), Б. В. Романов и Б. Ю. Красницкий (ФГБУН Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН, Крым), Е. В. Стефанов (АО Акустический институт им. Н. Н. Андреева, Москва).

В этом докладе были приведены результаты анализа сигналов, излучаемых дельфином афалиной при локации подводных целей на максимальных дальних расстояниях, иногда превышающих полкилометра. Выяснилось, что для этих целей животное использует не одиночные эхолокационные сигналы, а серии, в которых отдельные пульсы имеют крайне короткую длительность, причём интервалы между ними могут составлять менее 100 мкс. Не исключено, что при восприятии даже столь быстрых процессов эти животные, способные к временному анализу сигналов в микросекундном диапазоне, могут использовать процедуру временного когерентного суммирования.

Выступление А. В. Ахи (Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова РАН) также было посвящено поведению “приматов моря” – дельфинов, и также при решении ими реально сложной эхолокационной задачи – в этом случае обнаружению объектов, погружённых под донной поверхностью (полное название доклада: “Адаптация поведения и эхолокации дельфинов *Tursiops truncatus* при поиске, обнаружении и идентификации объектов, скрытых морскими осадками”). Выяснилось, что для достижения данной цели животное целенаправленно излучает эхолокационные импульсы с разных направлений, что и позволяет осуществить локализацию источника в трёхмерном пространстве при наличии промежуточных отражающих слоёв. Длительное маневрирование позволяет дельфину, не теряя акустический контакт с целью, увеличить время принятия решения, необходимое для многократного зондирования. Надо заметить, что изучение эхолокации и слухового восприятия дельфинов являются той областью науки, в которой работы отечественных авторов являются приоритетными.

Оставшиеся доклады были посвящены акустическому и физиологическому изучению слуховой

системы наземных животных. Доклад Н. Г. Биби-кова “Ответы корковых нейронов интактной кошки на некоторые окружающие естественные звуки” был представлен совместно с недавно погибшим выдающимся учёным Иваном Николаевичем Пигаревым (ФГБУН Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН, Москва), на экспериментальной установке которого и была выполнена работа. Данная установка позволяет в течение многих часов исследовать активность одиночных нейронов коры у бодрствующей кошки, причём с одним животным можно работать в течение нескольких лет. Такая возможность достигается за счет использования своеобразной короны, надолго закрепленной на черепе кошки для размещения микроманипулятора с микроэлектродом. Корона укрепляется на обнаженном участке черепа в самом начале работы с данным животным, она постепенно приживляется, не мешает кошке вести обычный образ жизни и позволяет многократно проводить эксперименты с введением микроэлектродов через маленькие отверстия в черепе. Для фиксации головы кошки во время проведения эксперимента корона имеет специальные приспособления.

Содержание указанного доклада сводилось к иллюстрации поведения нескольких клеток слуховых корковых отделов кошки в отсутствие стимуляции и при действии разнообразных, экологически значимых звуков. Подчеркивалась нестационарность фоновой импульсной активности клеток коры и реакций на внешние стимулы при видимой однородности таких их внутренних свойств как рефрактерность и последующая кратковременная фасилитация. При этом выявляется аналогия с широко распространенными в настоящее время глубокими нейронными сетями, у которых начальные свойства элементов в значительной степени однородны и случайны. При долговременном обучении с цепями обратной связи, в системе, состоящей из таких элементов, удаётся достичь вполне эффективного распознавания. Недавние достижения в обучении глубоких нейронных сетей обнаружили их способность после множества наблюдений оптимизировать миллиарды изначально случайных синаптических весов для достижения экологически значимых целей. Такие нейронные сети опередили хорошо интерпретируемые алгоритмы, специально разработанные исследователями для тех же целей. Они надёжно решают реальные задачи, включая давно поставленную задачу распознавания речи. В отличие от традиционных научных моделей, где интерпретируемость последовательности операций является важнейшим этапом, у этих моделей конечной целью является только решение конкретной задачи в процессе перманентной эволюции с использованием обратной связи, определяемой и направляемой внешними

стимулами. Здесь вполне возможна аналогия с процессом видообразования, посредством которого живые организмы из поколения в поколение приспосабливаются к меняющейся среде. К сожалению, такой подход существенно снижает ценность конкретных результатов, получаемых электрофизиологами при исследовании одиночных нейронов коры, ибо они оказываются относящимися к постоянно меняющейся, изначально случайной структуре, наблюдаемой только в данный момент времени у данного исследуемого объекта.

Серия работ, посвященных исследованию разных аспектов функционирования слуховой системы грызунов, была представлена сотрудниками Института эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова в соавторстве с коллегами из других учреждений.

В докладе А. С. Лупановой (ГУП Ленинградский зоопарк, Санкт-Петербург) и М. А. Егоровой (ФГБУН Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова РАН, Санкт-Петербург) анализировались характерные ультразвуковые сигналы, излучаемые как половозрелыми мышами в процессе разнообразного материнского и полового поведения, так и мышатами разного возраста. Выявлено значительное разнообразие внутривидовой акустической коммуникации этих животных. В некоторых случаях удалось связать характеристики излучаемого сигнала с его функциональным значением. Так, особенно громким оказался сравнительно низкочастотный крик подчинённого самца, признающего свое поражение при агонистическом поведении в процессе установлении иерархических отношений. В процессе назо-назального взаимодействия двух самок зарегистрированы длительные, ультразвуковые сигналы с частотой, варьирующей в районе 60 кГц.

Остальные работы участников этой группы касались конкретных особенностей функционирования одиночных нейронов слуховой коры домашней мыши. Г. Д. Хорунжий представил материал, свидетельствующий, что у грызунов при наркозе, основанном на использовании кетамина, в отличие от барбитала или хлоралозы, практически все клетки коры обладают выраженной фоновой активностью, причём эта активность носит выраженный пачечный характер с нередким формированием гиперпачек. Весьма правдоподобно предположение о том, что такая фоновая активность нейронов слуховой коры не является случайным феноменом, а отражает непрерывную динамику функционирования ансамбля клеток.

Начальные этапы изучения активности одиночных корковых нейронов мыши при полном отсутствии наркоза были представлены руководителем этой группы исследователей — М. А. Его-

ровой в докладе “Адаптация нейронов первичной слуховой коры бодрствующих мышей (*Mus musculus*) к последовательностям звуковых импульсов”.

Изучалось явление габитуации или привыкания реакции нейронов при подаче последовательности коротких повторяющихся идентичных сигналов. Сам эффект сохранялся и при наркозе, и в состоянии бодрствования. Однако, если при наркозе процесс габитуации, как правило, был однонаправлен, то в состоянии бодрствования выявилась сложность и нестационарность вызванной активности клеток. При каждом отдельном предъявлении серии из четырёх следующих друг за другом идентичных тональных отрезков ответ мог развиваться по-разному: обычно привыкание было резко выражено уже при втором предъявлении стимула, а в ответах на остальные отрезки серии нередко отмечалась немонотонность реакции. В результате автором не было обнаружено достоверных различий ответов на все последовательные сигналы за исключением первого. У некоторых исследованных нейронов можно было отметить выраженное последствие уже по окончании серии.

Доклад А. Г. Акимова и М. А. Егоровой “Усвоение ритма нейронами первичной слуховой коры мыши (*Mus musculus*) при действии серий звуковых импульсов” (ФГБУН Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова

РАН, Санкт-Петербург) был посвящен именно анализу процессов последствия нейронов коры мыши, также при воздействии серий из четырёх коротких сигналов, которыми в данном случае служили пiski мышиногo детёныша. Даже в условиях кетаминoвoгo наркoзa в ряде клеток коры уже после окончания этого воздействия возникали максимумы импульсации, как бы продолжавшие реакцию на стимул. Обычно интервалы между этими максимумами приблизительно соответствовали интервалам предъявленной перед этим серии звуков. Ясно, что такое явление может соответствовать одному из начальных этапов возникновения у животного эффекта кратковременной памяти.

В заключение работы сессии были высказаны пожелания развития фундаментальных исследований слуховой системы человека и животных в нашей стране, а также более тесной связи этих исследований с весьма эффективно развивающейся в России аудиологической наукой.

#### Материалы конференции:

Сборник трудов XXXIV сессии Российского акустического общества. М., ГЕОС, 2022, 1236 с. ISBN 978-5-89118-849-5, <http://10.34756/GEOS.2021.17.38058>